



Escola Politècnica Superior  
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# PROJECTE FI DE CARRERA

## INFORME TÈCNIC

**TÍTOL:** PROCÉS DE MECANITZACIÓ D'UNA PEÇA SINTERITZADA

**AUTOR:** IVAN VIDES MORCILLO

**TITULACIÓ:** ENGINYERIA TECNICA INDUSTRIAL ESP. MECÀNICA

**DIRECTOR:** J. J. ALIAU PONS

**DEPARTAMENT:** PRODUCCIÓ

**DATA:** GENER 2013

# Procés de mecanització d'una peça sinteritzada

## Resum

Iván Vides

Enginyeria Tècnica Industrial Especialitat Mecànica

### Resum

L'objectiu d'aquest projecte és el de dissenyar el procés de mecanització d'una peça sinteritzada. És tracta d'una peça funcional que es troba en els canvis de marxes automàtic d'una important marca d'automòbils.

Com es fa el bloqueig de la transmissió en un cotxe amb canvi automàtic?

El sistema que exposem a continuació és per a un determinat fabricant de cotxes, però el principi és similar per a tots.

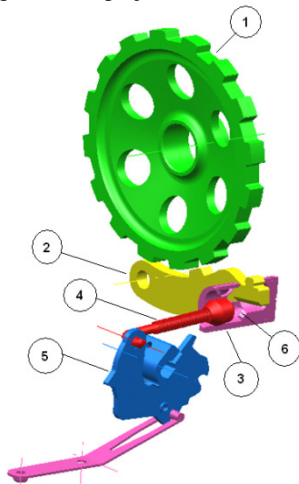
L'eix de sortida del canvi porta fixada una roda dentada (1). És l'eix de la transmissió, el qual va connectat a les rodes del cotxe a través del diferencial.

Hi ha una palanca (2) que té una dent que, quan s'introdueix entre dues dents de la roda dentada, la bloqueja. A partir d'aquest moment, la transmissió fins a les rodes del cotxe queda bloquejada.

La peça que fabriquem (3) fa de guia de l'empenyedor (4) d'aquesta palanca.

Quan desplacem la palanca del canvi a la posició "P", fem girar la peça (5). Llavors l'empenyedor arriba al xamfrà interior (6) de la guia, llisca per aquest xamfrà, es desplaça radialment, i obliga a la palanca (2) a engravar amb la roda dentada (1).

La transmissió queda bloquejada.



*Fig. 1. Esquema de funcionament*

Hi solen haver sistemes de seguretat integrats en el mecanisme per a impedir que la palanca del canvi es pugui posar a la posició "P" amb el cotxe en moviment. Altrament la trencadissa d'algun element de la transmissió estaria assegurada.

Per assegurar que el procés serà un èxit, el projecte ha de tindre les següents característiques:

- Que sigui industrialitzable i competitiu.
- Que sigui realitzable amb els recursos propis de la empresa, amb les mínimes inversions possibles.
- Que sigui un procés robust.
- Acomplir amb totes les especificacions del plànol del client.
- Complint amb la normativa interna.
- Complint amb la ISO/TS 16949.
- Fer una bona gestió mediambiental.

### 1. Introducció

El sinteritzat, també anomenat pulverimetal·lúrgia, o metal·lúrgia de polsos, es una part de la ciència en enginyeria metal·lúrgica de caràcter pluridisciplinari que dona base a la tècnica de fabricació de peces mitjançant compactació i sinterització de polsos o mescles de polsos metàl·lics i lubricants, obtenint un producte final amb una certa porositat.

El sinteritzat es una moderna tècnica d'obtenció de peces de precisió en grans series, sense pèrdua de material, que la fan altament fiable i econòmica.

Pràcticament totes les operacions clàssiques d'acabat metal·lúrgic son possibles en les peces sinteritzades: mecanitzats auxiliars, tractaments tèrmics, recobriments superficials, etc.

Per mitjà de la mecanització podem obtindre toleràncies més precises en quan a dimensions i errors de forma, com excentricitats, ovalacions, paral·lelismes, planituds, rugositats, etc.

També podem realitzar formes que per la seva naturalesa o situació no es poden obtindre pel sistema de P/M o la seva realització comportaria matrius molt complexes o amb un alt risc de trencada, per exemple: rosques, ranures, forats transversals a l'eix de compactació, etc.

En aquest procés veurem com a partir d'una peça molt simple i per mitjà de la mecanització, obtenim finalment un producte molt complicat i precís.

## 2. Procés de fabricació

Per aquesta peça el procés està compost de 12 fases:

- 01.- PREM..... Premsat.
- 02.- SINT..... Sinteritzat.
- 03.- MTN..... Mecanitzar en torn numèric.
- 04.- MCM..... Mecanitzar en centre de mecanitzats.
- 05.- MPU..... Mecanitzar en polidora.
- 06.- TTT..... Tractament tèrmic de temple.
- 07.- TRE..... Tractament revingut.
- 08.- MRC..... Mecanitzar en rectificadora cilíndrica.
- 09.- TDT..... Tractament desengreix.
- 10.- MGR..... Mecanitzar granallar.
- 11.- VAE..... Verificar aspecte exterior.
- 12.- VEMB..... Verificar embalatge.



Fig. 2. Peça acabada

## 3. Fases

### • Fase 01: Premsat (PREM)

Un bon premsat comença per una bona matèria primera (pols) i una bona barreja.

Les característiques del pols són:

- La seva morfologia.
- La granulometria.
- La densitat aparent.
- Fluència.
- Compressibilitat.
- Resistència en verd.



Fig. 3. Pols

Les característiques d'una bona barreja són:

- Pols engreixat.
- Uniforme.
- Mantenir la fluència.
- No permeti la segregació.
- No provoqui variacions de densitat.
- No disminueix la resistència en verd.
- Econòmic.

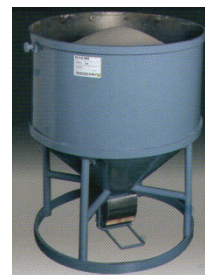


Fig. 4. Barreja

La operació de premsat o compactació s'efectua en tres etapes:

- Etapa d'ompliment.
- Etapa de compactació.
- Etapa de extracció.

### • Fase 02: Sinteritzat (SINT)

La sinterització és un fenomen físic-químic que consisteix en escalfar la peça compactada en un forn continu amb atmosfera controlada, amb lo qual la peça adquireix una consistència mecànica per recristal·lització i soldadura intergranular de les partícules de pols premsades. Per exemple, la sinterització de l'acer s'efectua normalment a 1120°C en forns de cinta durant temps de sinterització de 20-30 minuts i la sinterització del bronze a temperatures de entre 750 i 800°C, també durant 20-30 minuts.

Un forn de cinta es compon de tres parts:

- Zona de deslubrificació.
- Zona de sinterització.
- Zona de refredament.

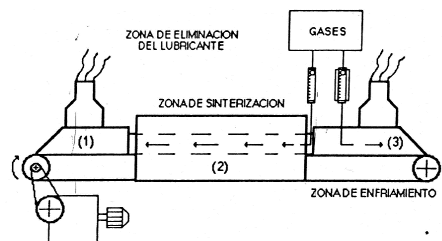


Fig. 5. Forn de cinta

El temps total de la etapa de sinterització està compresa entre 2 i 3 hores i la velocitat de refredament presenta una notable influència en les propietats mecàniques de la peça.

- Fase 03: Mecanitzar en torn numèric (MTN)

El torn es una màquina-eina en la que la peça que es mecanitza està sotmesa a un moviment de rotació i es conformada per una eina, dotada d'un moviment d'avanç que pot ser paral·lel o perpendicular a l'eix de rotació.

Per aquest projecte en concret, necessitem que el torn disposi de contrapunt ja que hem d'aplicar un esforç radial per practicar la regata i la peça es bastant llarga. Amb aquestes premisses, hem optat per aquest torn:



*Fig. 6. Torn de control numèric*

L'objectiu d'aquesta fase es cilindrar el diàmetre exterior concèntric a la figura interior, realitzar els xamfrans de la base i la pota i mecanitzar la ranura.

- Fase 04: Mecanitzar en centre de mecanitzats (MCM)

Son màquines dotades d'un magatzem d'eines, i el capçal rotatiu va agafant una o altre, segons estigui programat. El capçal té moviment d'alçades (eix Z) mentre que la peça, degudament estacada a la taula, té moviment en l'eix Y i en l'eix X. Centres més moderns tenen en la taula moviments de rotació, son els centres de 5 eixos. Pel que fa a la alimentació de peces, hi han dos tipus: centres sense canvi de palet i centres amb canvi de palet.

En general els centres de mecanitzats son màquines que permeten una gran flexibilitat en el canvi de peces diferents, amb lo que els fa molt interessants en el cas de series curtes, mostres, prototips, matriceria, etc.



*Fig. 7. Centre de mecanitzats*

L'objectiu d'aquesta fase és foradar i mandrinar el diàmetre interior, fresar la pota i la llargada total, la ranura, el xamfrà i la regata central.

- Fase 05: Mecanitzar en polidora (MPU)

Es el mètode més estès per treure rebaves i arrodonir arestes. Les màquines per fer aquesta operació van des de simples capçals, on es munten els raspalls, passant per màquines transfers i màquines lineals tipus orbital.

La que fem servir en aquest projecte és un braç robòtic de 6 eixos que passejarà la peça per dos raspalls acoblats a dos motors, posicionant-la de la manera que ens interressi. També traurà les rebaves internes mitjançant un tub de lija i finalment, netejarà les peces en una cambra amb una dutxa de taladrina a pressió i la bufarà deixant la peça llesta pel tractament posterior.



*Fig.8. Polidora auxiliar*

Els objectius d'aquesta fase són treure totes les rebaves i arestes vives, mantenint la integritat física de tota la peça.

- Fase 06: Tractament tèrmic de temple (TTT)

Com el seu nom indica, tractament tèrmic, es tracta d'una operació amb temperatura. En aquesta operació modificarem la estructura metal·logràfica del material, i així millorarem les prestacions/característiques del material.

La principal característica que modifiquem i controlem es la duresa del material. Per norma general, si volem peces amb molta duresa, haurem de realitzar un tractament tèrmic. Per aconseguir-ho, fem servir uns forns específics. Aquests es caracteritzen per disposar d'una atmosfera molt ben controlada en lo referent al potencial de carbó, així com de disposar d'una cambra extra plena d'oli, on es produirà el temple.

El temple no es més que un refredament molt ràpid quan les peces estan a la temperatura de tractament (800-900°C, i les submergim en un bany d'oli que es troba a uns 40-60°C).

Aquest canvi brusc de temperatura, provoca que les superfícies de les peces que tinguin un elevat contingut de carbó, transformin en una estructura cristal·lina molt dura, característica del temple: la martensita.

- Fase 07: Tractament revingut (TRE)

Tota peça templada, és molt dura però a la vegada molt fràgil (poc resistent als cops). És imprescindible fer un revingut que disminuirà la fragilitat de la peça, així com també disminuirà lleugerament la duresa de la peça. El procés és tan sols aportar una mica d'energia (en forma de calor), perquè la martensita relaxi tensions internes que



posseeix. Les temperatures oscil·len entre los 180 i els 235°C. A major temperatura, major pèrdua de duresa.

- Fase 08: Mecanitzar en rectificadora cilíndrica (MRC)

Les rectificadores cilíndriques d'exterior són màquines destinades pel rectificat de superfícies exteriors de revolució, cilíndrics o cònics.

Per aquesta fase, disposem d'una rectificadora cilíndrica Ger. És de control numèric, el capçal està dotat de, a més de rotació, eix Z i la mola es mou a través de l'eix transversal X. El control permet treballar en "plongee + vaive", que és el tipus de moviment que ens interessa.



**Fig. 9.** Rectificadora cilíndrica d'exterior

Degut als tractaments tèrmics anteriors, la peça sofreix deformacions, per tant, els objectius d'aquesta fase són rectificar el diàmetre exterior en tota la llargada de la peça i obtenir una concentricitat del diàmetre exterior respecte el perfil interior.

- Fase 09: Tractament desengreix (TDT)

Es tracta d'una fase per la eliminació d'olis que per processos de fabricació porten les peces i es necessari eliminar-los.

Actualment disposem d'una màquina hermètica, amb dissolvent de base hidrocarburs.

Hem de tenir present, que el desengreix de peces sinteritzades, mai és absolut, encara que per la major part dels processos sols ser suficient.

El procés és una sèrie de fases on les peces es submergeixen en el dissolvent líquid, i posteriorment en un ambient saturat de vapor del dissolvent, a temperatures que oscil·len entre el 90 i 110°C, tot això realitzat en un buit controlat.

- Fase 10: Mecanitzar granallar (MGR)

Aquesta operació es basa en la projecció de partícules metàl·liques a gran velocitat contra les superfícies de les peces, aquestes partícules es denominen granalla.

Existeixen diversos tipus de granalla tant en quan a les seves dimensions com al material; el més habitual és granalla d'acer i d'inoxidable.

Els objectius d'aquesta operació poden ser varis:

- Eliminar rebaves.
- Eliminar òxid.
- Neteja superficial.
- Augmentar la rugositat.

- Preparació per fases posteriors com calibrat, recobriments, etc.



**Fig. 10.** Granalladora de plat

En el nostre cas els objectius d'aquesta fase és donar un acabat homogeni a les peces, així com eliminar qualsevol tipus d'òxid que pugui sortir durant el procés de producció, deixant també neta la superfície de les peces.

- Fase 11: Verificar aspecte exterior (VAE)

Avui en dia, els clients no volen cap peça dolenta. Això ens obliga a fer un control visual 100% de tota la producció. Aquest últim control serveix per detectar peces dolentes, com per exemple:

- Peces que per una mala manipulació s'han saltat una fase.
- Peces amb algun petit escarbotat.
- Peces amb alguna esquerdada.



**Fig. 11.** Xamfrà mal mecanitzat

- Fase 12: Verificar embalatge (VEMB)

La última fase és la d'embalatge. Les caixes on van embalades aquestes peces ens les proporciona el client. Aquestes caixes fan com un circuit tancat, van plenes i tornen buides i netes. El que si fem és posar una bossa VCI (bossa amb inhibidors volàtils de la corrosió) per assegurar la qualitat de les peces.



**Fig. 12.** Embalatge

#### 4. Abast del projecte

En el projecte tractarem els punts següents en cada una de les fases:

- Dissenyar els plànols de cada fase.
- Dissenyar els programes de mecanitzat mitjançant llenguatge ISO.
- Determinar les eines més adients per cada una de les operacions.
- Generar els controls de qualitat a fer en cada fase i dissenyar els gràfics de control.
- Dissenyar les fulles de ruta de cada fase.
- Fer els estudis de posta en marxa.
- Fer els estudis de capacitat de cada fase.
- Dissenyar els TPM de cada màquina i el manteniment preventiu.
- Fer un estudi de temps de cada fase obtenint un ràtio de producció competitiva.
- Obtenir un preu unitari de cada fase donant, finalment, un preu peça.

#### 5. Conclusions

El projecte compleix amb els objectius, es a dir:

- S'ha dissenyat i s'ha descrit detalladament el procés de mecanització d'una peça sinteritzada.
- És un projecte industrialitzable i competitiu.
- S'ha realitzat amb els recursos propis de la empresa, amb les mínimes inversions possibles.
- És un procés robust.
- Acompleix totes les especificacions del plànol del client.
- Compleix amb la normativa interna.
- Compleix amb la ISO/TS 16949.
- Compleix amb el manual de gestió ambiental.

#### 6. Agraïments

Agraeixo tota la informació proporcionada per Ames S.A. i a tot el departament de mecanitzats per tot lo que he après amb ells.



*Fig. 13.* Grup Ames S.A